

необходимо правильное обращение с объектами нефтяной промышленности, включая очистку, конечную переработку нефтешлама и захоронение отходов.

В работе рассмотрены ключевые игроки в нефтяной отрасли: Россия, Мексика, ОАЭ, Нигерия, Бразилия, ЮАР, Алжир, Узбекистан, Китай и Норвегия. Поскольку трубы в нефтяной отрасли имеют ограниченный срок службы, то проблема вывода из эксплуатации оборудования и очистки трубопроводов от радиоактивных материалов природного происхождения (далее – «РМПП») приобретет широкое распространение во всех рассмотренных странах [1].

Законодательная база в отношении обращения с РМПП не развита или только начинает развиваться в этих странах. Нефтяные отходы регламентируются в соответствии с законами об охране окружающей среды, также даны общие рекомендации по выводу из эксплуатации нефтяного оборудования [2].

Рассмотрены девять методов очистки нефтяного оборудования от нефтешлама и солей. Наиболее оптимальными являются гидромеханический и электрогидроимпульсный, поскольку простоты в обслуживании, имеют малые габариты и относительно невысокая цена. Для удаления отложений солей эффективными методами выступают гидрокавитационный, гидродинамический, электрогидроимпульсный и химический.

При конечной переработке нефтешлама и отложений солей необходимо руководствоваться стоимостью и конечным состоянием отходов, что требует дополнительных исследований. Не удаляемые отходы могут быть захоронены в специальных контейнерах в соответствии с законодательными требованиями или снижен класс опасности до высвобождения из-под контроля. Наиболее простым выступает термический метод, требующим больших материальных затрат и дальнейшего захоронения отходов. Биологический метод один из наиболее перспективных из-за его экологичности, однако недостатком можно считать его стоимость.

1. Peter Evans, Gert Jonkers, Ernst-Michael Steffan. Guidelines for the Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the Oil and Gas Industry // Conference Paper – 2018. – P. 1-69.
2. Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry. Safety Reports Series No. 34 – 2003. – 130 p.

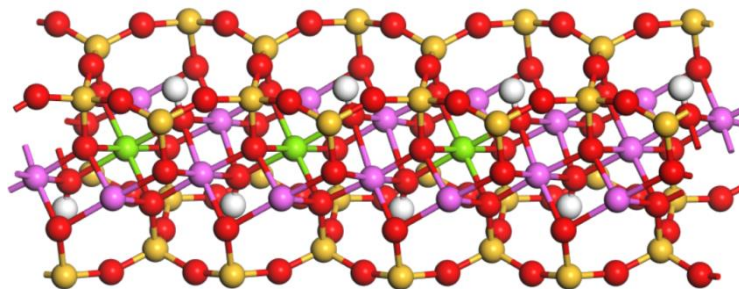
## **ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ ОТ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МОНТОРИЛЛОНИТА**

Шукшина Д.Д., Ван Цайлунь

Научный руководитель: Мышкин В.Ф., д.ф.-м.н., профессор  
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [dds17@tpu.ru](mailto:dds17@tpu.ru)

В настоящее время для создания инженерных барьеров безопасности при захоронении радиоактивных отходов зачастую используют монтмориллонит. Монтмориллонит – глинистый минерал, характеризующийся трехэтажной решеткой: октаэдрический слой  $Al^{3+}$  расположен между двумя тет-

раздирческими слоями  $\text{Si}^{4+}$ . Между трехэтажными ячейками располагаются вода (так называемая, межслоевая) и катионы щелочных и щелочноземельных металлов. Замена в октаэдрических слоях алюминия на ионы  $\text{Mg}^{2+}$ , как показано на рисунке, приводит к появлению заряда в минеральной структуре.



Кристаллическая структура монтмориллонита: Al – сиреневый, Si – желтый, O – красный, Mg – зеленый.

Путем квантово-химического моделирования рассчитывали коэффициенты диффузии ионов  $\text{K}^+$  в межслоевом пространстве монтмориллонита. Результаты расчетов для 5 из возможных вариантов замены алюминия на магний приведены в таблице.

$D_1, \text{м/с}^2$	$D_2, \text{м/с}^2$	$D_3, \text{м/с}^2$	$D_4, \text{м/с}^2$	$D_5, \text{м/с}^2$
$2,8134 \cdot 10^{-13}$	$2,1601 \cdot 10^{-13}$	$2,0014 \cdot 10^{-13}$	$2,9875 \cdot 10^{-13}$	$4,4214 \cdot 10^{-13}$

Из таблицы видно, что коэффициент диффузии ионов  $\text{K}^+$  между слоями зависит от положения ионов  $\text{Mg}^{2+}$  в слоях. Наибольшим коэффициент диффузии наблюдается при симметричном распределении заряда между слоями и наименьшем содержании магния в составе монтмориллонита. Чем больше коэффициент диффузии, тем больше проникающая способность радионуклидов. В связи с тем, что минеральный состав монтмориллонита является непостоянным, требуются дальнейшие исследования коэффициента диффузии. Это позволит увеличить срок эксплуатации пунктов захоронения радиоактивных отходов.

В докладе обсуждаются результаты моделирования изменения коэффициента диффузия катионов в межслоевом пространстве монтмориллонита.

## ОПЫТ ФГУП «ГХК» В ФОРМИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ БАРЬЕРОВ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР

Павленко А.П.

ФГУП «ГХК», 662972, Россия, г. Железногорск, ул. Ленина, д.53

E-mail: [pavlenkoanastasia24@gmail.ru](mailto:pavlenkoanastasia24@gmail.ru)

Концепция вывода из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора (ПУГР) по варианту «захоронения на месте» предусматривает надёжную изоляцию основных элементов конструкции ПУГР, не подлежащих демонтажу и удалению, непосредственно на площадке